

(19)



URZĄD  
PATENTOWY  
RZECZYPOSPOLITEJ  
POLSKIEJ

(10) **PL 245024 B1**

(12)

## Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434828**

(22) Data zgłoszenia: **2020.07.28**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.01.31 BUP 05/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.04.22 WUP 17/2024**

(51) MKP:

**B09B 3/40** (2022.01)

**B09B 3/30** (2022.01)

**B09B 101/75** (2022.01)

**B29B 17/00** (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**KMITA JERZY FIRMA PRODUKCYJNO -  
HANDLOWO - USŁUGOWA  
OPLAST-RECYKLING, Winduga, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**JERZY KMITA, Bogucin, PL  
FILIP KMITA, Włocławek, PL  
JAKUB KMITA, Włocławek, PL  
PRZEMYSŁAW ZAPRZAŁSKI, Poznań, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Jakub Siewiesiuk, Warszawa, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób recyklingu polipropylenu**

**PL 245024 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób recyklingu polipropylenu pochodzącego z segregowanych surowców wtórnych.

Typowy proces recyklingu polipropylenu pochodzącego z segregowanych surowców wtórnych realizowany jest w linii technologicznej realizującej zasadniczo następujące po sobie procesy: rozdrabniania, przesiewania, mycia, separacji, suszenia, wyłaczania i granulacji.

Typowa realizacja wymienionych procesów przebiega w sposób następujący: z placu magazynowego na halę produkcyjną, za pomocą wózka widłowego, dostarczany jest surowiec w postaci zbelowanej. Surowcem są odpady polipropylenowe pochodzące ze zbiórki materiałów wtórnych. Surowiec trafia do linii przygotowania, w której gilotyna rozcina bele z surowcem, po czym przesiewacz wibracyjny oraz przesiewacz bębnowy oddziela frakcję mineralną od użytecznego surowca, który w przeważającej części składa się z odpadów pochodzących ze zbiórki komunalnej, big bagów, flizeliny rolniczej. Oczyszczony z frakcji mineralnej surowiec podawany jest do zespołu rozdrabniania wstępnego do postaci strzępów polimeru o rozmiarach nie większych od 20–30 mm, po czym myty, odsączeni i ponownie rozdrabniani do postaci płatków o rozmiarach nie większych od 10–15 mm. Tak umyty i rozdrobniony materiał trafia do sortera optycznego, w którym zostaje rozdzielony na frakcje według kolorów. Frakcje wg kolorów składowane są w silosach lub big-bagach, po czym ładowarka podaje je na linię wyłaczającą, w której są kolejno suszone, aglomerowane, topione w wyłaczarce jednoślimakowej, odgazowane, po czym granulowane na głowicy w osłonie wodnej. Uzyskany granulát zawiera w swojej objętości lotne związki organiczne (LZO, VOCs – ang. volatile organic compounds) pochodzące z produktów pierwotnie przechowywanych w opakowaniach plastikowych np. żywności, kosmetyków, środków czystości oraz części mineralnych i organicznych przylegających do flizeliny rolniczej.

Ze względu na bardzo zróżnicowane zastosowanie opakowań polipropylenowych i różnorodność przechowywanych w nich towarów, w szczególności opakowań do żywności, zapachy, zanieczyszczenia i części organiczne pozostają związane z materiałem i nie udaje się ich w pełni usunąć na etapach mycia, rozdrabniania i suszenia przed wyłaczaniem oraz na etapie filtracji mechanicznej na sicie w procesie wyłaczania. W konsekwencji, produkowane granulaty charakteryzują się nieprzyjemnym zapachem, którego źródłem są węglowodory łańcuchowe jak i cykliczne o różnej masie cząsteczkowej. Te lotne związki organiczne (LZO) są przyczyną uciążliwego zapachu wytwarzanego granulatu, co ogranicza liczbę jego zastosowań oraz udział procentowy granulatu pochodzącego z recyklingu w polimerze wykorzystywanym do wytwarzania nowych produktów plastikowych, a w tym opakowań. Do lotnych związków organicznych odpowiedzialnych za wrażenia nieprzyjemnego zapachu należą m.in. metanol, izobutanol, metakrylan metylu (methyl methacrylate), toluen, heksanal, styren i inne.

Poszukuje się metody dezodoracji granulátów pochodzących z recyklingu polipropylenu. Metoda powinna gwarantować efektywność kosztową oraz nadawać się do procesów recyklingu w skali przemysłowej.

Znana jest metoda dezodoracji stosowana przez firmę EREMA o nazwie handlowej Refresher, w której przez granulát pochodzący z recyklingu umieszczony w silosie, przepuszcza się powietrze o temperaturze od 105°C do 120°C w czasie od 7 do 24 godzin co powoduje termiczną desorpcję LZO z powierzchni i wnętrza granulatu, po czym powietrze zawierające uwolnione LZO wyrzuca się do atmosfery bezpośrednio lub skierowuje na filtr węglowy w celu odfiltrowania LZO przed wyrzuceniem strumienia powietrza do atmosfery. Bezpośrednie wyrzucenie powietrza do atmosfery powoduje jej zanieczyszczenie oraz obciążenie uciążliwym zapachem. Przepuszczenie wylotu przez filtr węglowy powoduje istotne zwiększenie kosztów operacyjnych związanych z okresową wymianą wkładów filtrów węglowych i ich regeneracją. Poszukuje się zatem metody pozwalającej na zmniejszenie obciążenia filtrów węglowych i wydłużenie okresu ich eksploatacji.

Wyrzucenie wylotu do atmosfery oznacza jednocześnie, że porcje świeżego powietrza muszą zostać ogrzane i zaczerpnięte w celu desorpcji LZO z granulatu zgromadzonego w silosie. Wpływa to na zwiększenie kosztów operacyjnych dezodoracji związanych z podgrzewaniem powietrza. Poszukuje się zatem możliwości ponownego wykorzystania powietrza cyrkulującego w układzie dezodoracji bez szkody dla jakości wytwarzanego granulatu.

Rekomendowane czasy desorpcji od 7 do 24 godzin okazują się niepraktyczne w zastosowaniu gospodarczym i wpływają zauważalnie na koszty operacyjne procesu recyklingu polipropylenu. Poszukuje się zatem metody pozwalającej na skrócenie czasu desorpcji termicznej do niezbędnego minimum gwarantującego rynkową akceptowalność granulátów pochodzących z recyklingu.

Opis zgłoszenia patentowego KR20090092141 ujawnia sposób unieruchamiania mikroorganizmów na materiałach polimerowych do produkcji opakowań i formowanie polimeru, w którym osadzone są mikroorganizmy, których celem jest usuwanie nieprzyjemnych zapachów a w tym lotnych związków organicznych. Ujawniony sposób nie dotyczy przemysłowego wytwarzania granulatu w procesie recyklingu. Nadal zatem poszukuje się sposobów dedykowanych dla procesu recyklingu i przetwarzania granulatu polipropylenu a nie gotowych opakowań.

Opis zgłoszenia patentowego DE10126842A1 ujawnia konstrukcję filtra kuchennego służącego m.in. do usuwania zapachów w którego składzie znajdują się zeolity o wyższym powinowactwie do wody niż granulki węgla aktywnego, żel krzemionkowy, wolno rozpuszczające się sole nieorganiczne lub polimer. Rozwiązanie nie jest dedykowane do usuwania lotnych związków z granulki polipropylenu i za główny cel bierze absorpcję wody z oparów kuchennych. Nadal zatem poszukuje się sposobów dedykowanych do usuwania LZO charakterystycznych dla polipropylenu z recyklingu.

Nieoczekiwano stwierdzono, że LZO uwalniane w wyniku termicznej desorpcji z regranulatu polipropylenu, pochłaniane są i wiązane przez złożę filtra wykonanego z granulatu gumowego pochodzącego z przerobu zużytych opon, a w konsekwencji obciążenie filtra węglowego znajdującego się za filtrem ze złożem gumowym zmniejsza się w sposób znaczący.

Nieoczekiwano stwierdzono, że możliwe jest zawrócenie strumienia gazów po przejściu przez filtr ze złożem gumowym i filtr węglowy, do procesu desorpcji, bez uszczerbku jakości regranulatu, co zmniejsza ilość gazów odlotowych emitowanych do środowiska i obniża zapotrzebowanie na energię niezbędną do podgrzewania powietrza ogrzewającego granulki i wywołującego desorpcję lotnych związków organicznych.

Nieoczekiwano stwierdzono, że utrzymywanie temperatury powietrza i granulatu polipropylenu w granicach od 60°C do 70°C jest wystarczające do tego by w akceptowalnym ekonomicznie czasie od 2 do 3 godzin doprowadzić do usunięcia większości lotnych związków organicznych decydujących o jakości i akceptowalności rynkowej granulatu pochodzących z recyklingu. Efekt obserwowalny jest dla szerokiego spektrum szybkości przepływu powietrza, którego przepływ ma znaczenie głównie ze względu na przenoszenie desorbujących LZO do filtra ze złożem gumowym.

Sposób recyklingu polipropylenu pochodzącego z segregowanych surowców wtórnych według wynalazku, obejmuje następujące etapy:

- rozdrabniania drogą cięcia oraz mielenia zbelowanych odpadów polipropylenu
- przesiewania wibracyjnego i bębnowego frakcji mineralnej
- mycia rozdrobnionych strzępów polipropylenu
- separacji strzępów polipropylenu wg kolorów
- suszenia strzępów
- wytłaczania w wytłaczarce, korzystnie jednoślismakowej
- granulowania
- desorpcji termicznej lotnych związków organicznych powstałych w etapie granulowania,

przy czym desorpcja termiczna prowadzona jest przez co najmniej 2 godziny, korzystnie co najmniej 3 godziny, w strumieniu powietrza o temperaturze od 60°C do 70°C, korzystnie 65°C, przy czym strumień powietrza po przejściu przez granulki kieruje się na układ filtracji powietrza obejmujący kolejno filtr wyposażony w złożę z granulatem gumowym o uziarnieniu od 0,3 mm do 4 mm, korzystnie od 0,5 mm do 2,5 mm i filtr węglowy ze złożem z węgla aktywnego.

Korzystnie, powietrze opuszczające układ filtracji jest podawane na wejście pompy powietrza zasilającej układ podgrzewania powietrza i dalej silos zawierający granulki polipropylenu poddawany desorpcji termicznej, korzystnie z możliwością uzupełnienia strat powietrza przez zassanie strumienia świeżego powietrza.

Dzięki zastosowaniu sposobu według wynalazku uzyskano następujące efekty techniczno-użytkowe:

- zmniejszono obciążenie filtra węglowego a tym samym wydłużono czas jego eksploatacji co pozwoliło jednocześnie na zmniejszenie kosztów recyklingu polipropylenu,
- podniesiono jakość wytwarzanego granulatu polipropylenu poprzez eliminację nieprzyjemnego zapachu granulatu,
- w konstrukcji filtra wykorzystano granulki gumowe pochodzące z recyklingu zużytych opon, które poddają się recyklingowi i mogą być odbierane w zorganizowany sposób przez wyspecjalizowanych recyklerów opon w Polsce i Europie,

- zamknięto strumień powietrza służącego do podgrzewania i desorpcji LZO z granulatu polipropylenu, co umożliwiło oszczędności energii zużywanej na podgrzewanie powietrza oraz zmniejszenie emisji wyziewów do środowiska.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania z odniesieniem do rysunku, na którym poszczególne figury przedstawiają:

Fig. 1 – obieg powietrza w układzie desorpcji i filtracji lotnych związków organicznych, 1 – ciśnienie powietrza tłoczonego do wejścia filtra wstępnego 104, P2 – ciśnienie powietrza wypływającego z filtra wstępnego 104, T2 – temperatura powietrza tłoczonego do wejścia filtra wstępnego 104, V – pomiar prędkości przepływającego powietrza tłoczonego do wejścia filtra wstępnego 104.

Fig. 2 – poszczególne etapy procesu technologicznego,

Fig. 3 – ubytek lotnych związków organicznych (oznaczonych VOC) w czasie wyrażonym w godzinach, z granulatu polipropylenu poddanego desorpcji termicznej wg procesu opisanego w Przykładzie 1.

#### Przykład 1

Proces rozpoczęto rozdrabnianie mechaniczne 201 bel z polipropylem pochodzącym z segregowanych surowców wtórnych, na sucho za pomocą gilotyny i młyna do postaci strzępów o rozmiarach rzędu 20 mm. Tak rozdrobnione strzępy przekazane były do przesiewania wibracyjnego i bębnowego 202 w celu usunięcia frakcji mineralnej, po czym do mycia mechanicznego 203 w wannie z wodą. Odwirowane strzępy kierowano do wyciskarki ślimakowej, w celu wyciśnięcia wody po czym do mechanicznego rozdrabniania zasadniczego realizowanego przez rozdrabniacz watawy wyposażony w noże stałe i ruchome. Rozdrabnianie prowadzono w celu uzyskania płatków polipropylenu o rozmiarach liniowych nie przekraczających 10 mm. Tak uzyskane umyte i rozdrobnione płatki polipropylenu poddano separacji 204, poprzez skierowanie ich do separatora kolorów i dalej do suszenia 205.

Frację płatków o jasnych kolorach załadowano ładowarką do zagęszczarki w linii wytłaczania, w której zostały wstępnie podgrzane, uplastycznione, zagęszczone i poddane wytłaczaniu 206 w cylindrze wytłaczarki jednoślismakowej. Wytłaczanie prowadzono w temperaturze 240°C do 260°C po czym po wyjściu z wytłaczarki stopiony polipropylem filtrowany był na sitach o oczkach 0,6 mm. Tak uzyskany stopiony i przefiltrowany polipropylem tłoczony był tuleją ogrzewaną do temperatury 240°C do głowicy nitkowej w celu odgazowania. Odgazowane nitki stopionego polipropylenu podawano grawitacyjnie do cylindra kolejnej wytłaczarki jednoślismakowej w celu wytłaczania, po czym tłoczony polimer był ponownie filtrowany na sitach o oczkach 0,6 mm i poddany granulowaniu 207 w głowicy granulującej chłodzonej wodą.

Niewystudzony jeszcze granulatu 101 podano do silosu 100, do którego rurą 102 tłoczono powietrze podgrzane przez grzałkę 112 zapewniając temperaturę T1 w objętości granulatu 101 wynoszącą 65,05°C +/- 1,75°C przez okres 7 godzin desorpcji (208) lotnych związków organicznych z granulatu 101. Powietrze tłoczone było przez wentylator 110, rurą 111 do grzałki 112 i dalej do silosu 100, z którego rurą 102 dostawało się do filtra wstępnego 103 wypełnionego granulatem gumowym 104 pochodzącym z mechanicznego przerobu zużytych opon, o uziarnieniu 0,5 mm do 2,5 mm. Lotne związki organiczne ulegały związaniu ze złożem gumowym, po czym pozostałe powietrze kierowane było do filtra węglowego 106 rurą 105.

Powietrze wydostające się z filtra węglowego 106 rurą 107, kierowane było bezpośrednio do ssawy 109 pompy powietrza 110, co powodowało zamknięcie cyrkulacji powietrza w układzie desorpcji i filtracji, przy czym uzupełniające porcje powietrza 108 zasysane były przez szczelinę między ssawą 109 i rurą 107. Strumień przepływającego powietrza V ustalono na 9175 litrów/minutę na metr kwadratowy przekroju silosu 100.

Co godzinę pobierano próbkę granulatu 101 i metodą chromatografii gazowej badano zawartość lotnych związków organicznych. Zaobserwowano obecność metanolu, izobutanolu, metakrylanu metylu (methyl methacrylate), toluenu, heksanal, styrenu, a ich łączna zawartość w granulacie 101 spadała w czasie desorpcji (208) co zilustrowano w Fig. 3. Po upływie 3 godzin łączna zawartość lotnych związków zmniejszyła się do 29% początkowej zawartości (niemal 4 krotnie). Kontynuacja desorpcji (208) powodowała dalsze spadki zawartości LZO, jednak zmiany nie miały istotnego znaczenia dla wyczuwalności ludzkim nosem. Najistotniejszą zmianę obserwowano w pierwszych 3 godzinach desorpcji, które uznano za kluczowe dla poprawy jakości granulatu.

Zmierzono masowy wskaźnik płynięcia granulatu 101 (MFI 230°C/2,16 kg, g/10 min). Wskaźnik płynięcia przed rozpoczęciem desorpcji (208) wynosił 11,54 po zakończeniu desorpcji 11,98. W tym samym czasie badanie chromatograficzne złoża filtra węglowego (106) nie wykazało obecności LZO,

a badanie chromatograficzne złoża gumowego wskazało na śladowy wzrost zawartości pochodnych węglowodorów o liczbie atomów węgla powyżej 12.

### Przykład 2

Proces realizowano analogicznie do przedstawionego w przykładzie 1. Strumień przepływającego powietrza V ustalono na 2421 litrów/minutę na metr kwadratowy przekroju silosa 100, zapewniając temperaturę T1 w objętości granulatu 101 na poziomie 67,72°C +/- 0,98°C przez okres 7 godzin desorpcji (208) lotnych związków organicznych z granulatu 101. Po upływie 3 godzin łączna zawartość lotnych związków zmniejszyła się do 50% początkowej zawartości (2 krotnie). Czas 3 godzinnej desorpcji uznano za wystarczający dla znacznej poprawy jakości granulatu 101. Pozostałe obserwacje były analogiczne.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób recyklingu polipropylenu pochodzącego z segregowanych surowców wtórnych, obejmujący etapy:
  - rozdrabniania drogą cięcia i mielenia (201) zbelowanych odpadów polipropylenu,
  - przesiewania (202) wibracyjnego i bębnowego frakcji mineralnej,
  - mycia (203) rozdrobnionych strzępów polipropylenu,
  - separacji (204) strzępów polipropylenu wg kolorów,
  - suszenia (205) strzępów,
  - wyłaczania (206) w wyłaczarce, korzystnie jednoślindakowej,
  - granulowania (207),
  - i desorpcji termicznej (208) lotnych związków organicznych powstałych w etapie granulowania (207),**znamienny tym**, że desorpcja termiczna (208) prowadzona jest przez co najmniej 2 godziny, korzystnie co najmniej 3 godziny, w strumieniu powietrza o temperaturze od 60°C do 70°C, korzystnie 65°C, przy czym strumień powietrza po przejściu przez granulację (101) kieruje się na układ filtracji powietrza obejmujący kolejno filtr wstępny (103) wyposażony w złoże z granulatem gumowym (104) o uziarnieniu od 0,3 mm do 4 mm, korzystnie od 0,5 mm do 2,5 mm i filtr węglowy (106) ze złożem z węgla aktywnego.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że powietrze opuszczające układ filtracji jest podawane na wejście pompy powietrza (110) zasilającej układ podgrzewania powietrza i dalej silos zawierający granulację polipropylenu poddawany desorpcji termicznej (208), korzystnie z możliwością uzupełnienia strat powietrza przez zasianie strumienia (108) świeżego powietrza.

## Rysunki

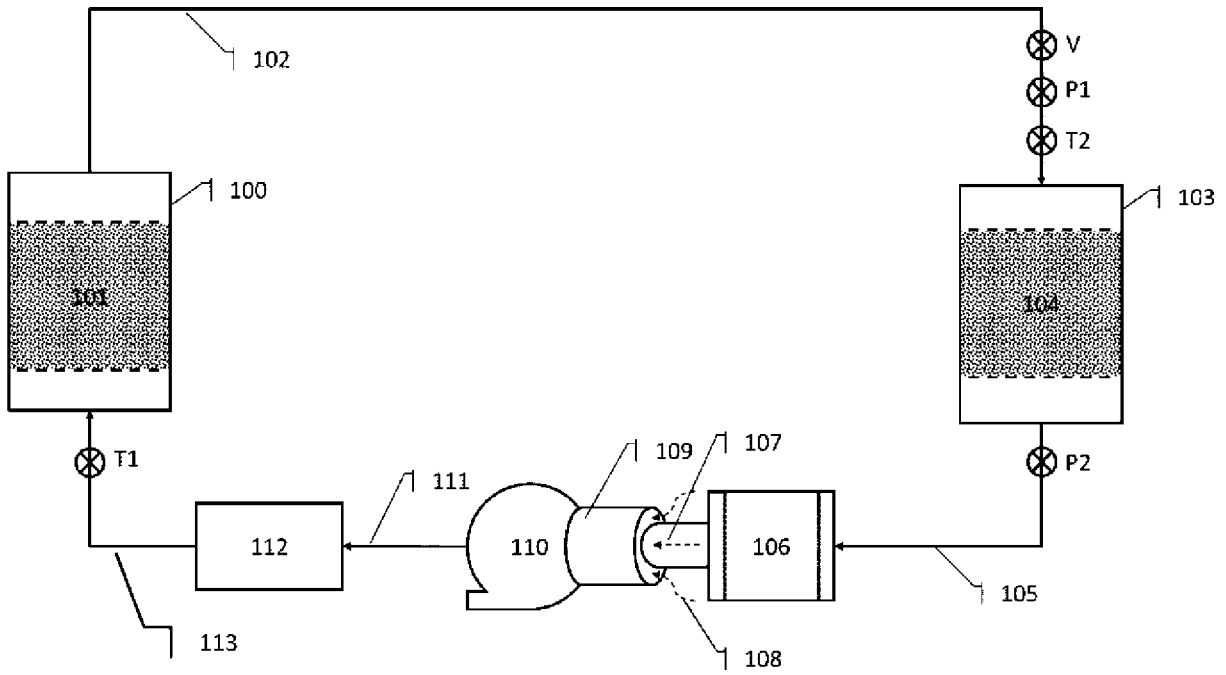
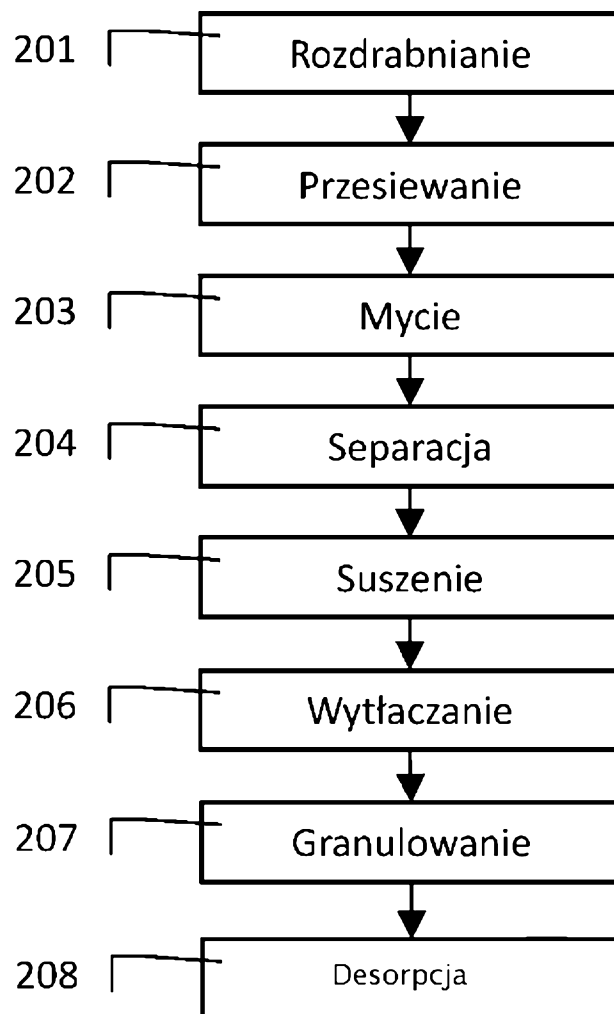


Fig.1

**Fig.2**

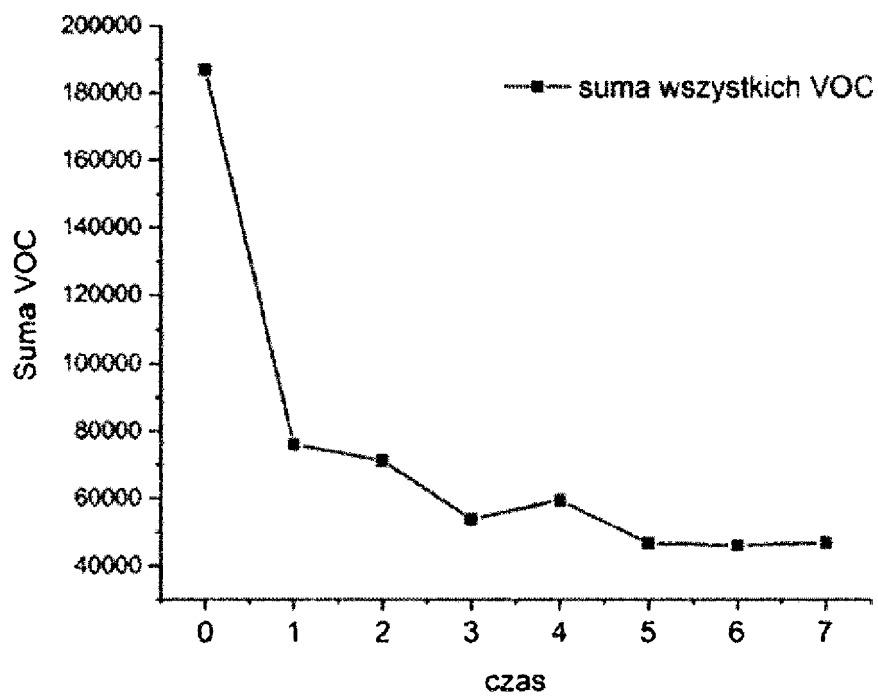


Fig. 3